

552,417

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年12 月9 日 (09.12.2004)

PCT

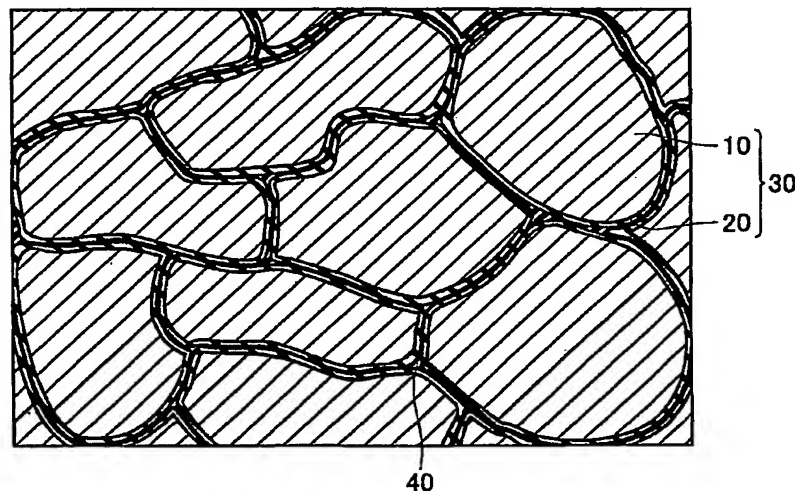
(10) 国際公開番号
WO 2004/107367 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01F 1/26, 1/33, 41/02, B22F 1/00, 1/02
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/007798
- (22) 国際出願日: 2004 年5 月28 日 (28.05.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-155083 2003 年5 月30 日 (30.05.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 豊田 晴久 (TOYODA, Haruhisa) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内 Hyogo (JP). 川口 大致 (KAWAGUCHI, Daichi) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内 Hyogo (JP). 田中 章三 (TANAKA, Shohzoh) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内 Osaka (JP). 上田 和彦 (UEDA, Kazuhiko) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: SOFT MAGNETIC MATERIAL, MOTOR CORE, TRANSFORMER CORE AND PROCESS FOR PRODUCING SOFT MAGNETIC MATERIAL

(54) 発明の名称: 軟磁性材料、モータコア、トランスコアおよび軟磁性材料の製造方法



(57) Abstract: A soft magnetic material containing composite magnetic particles (30) and an organic matter (40). The composite magnetic particle (30) consists of a metal magnetic particle (10) and a coating layer (20) of the metal magnetic particle (10) containing an oxide. The organic matter (40) is produced by adding at least one of thermoplastic resin for increasing the resistivity of the material and higher fatty acid to non-thermoplastic resin for enhancing durability, e.g. fatigue limit, of the material. Ratio of the organic matter (40) to the soft magnetic material is set to at least 0.001 and up to 0.2 mass%. A soft magnetic material having high magnetic characteristics and mechanical strength and exhibiting such fatigue characteristics and resistivity as satisfying sufficient durability even when it is used in a motor core is thereby provided along with its producing process. Furthermore, a motor core and a transformer core employing that soft magnetic material is provided. In a motor core employing that soft magnetic material, iron loss (core loss) can be reduced significantly.

(57) 要約: 軟磁性材料は、複合磁性粒子 (30) と有機物 (40) とを含む軟磁性材料である。複合磁性粒子 (30) は、金属磁性粒子 (10) および金属磁性粒子 (10) を被膜し、かつ

[続葉有]



WO 2004/107367 A1



- (74) 代理人: 深見 久郎, 外(FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300054 大阪府大阪市北区南森町2丁目1番29号 三井住友銀行南森町ビル 深見特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

酸化物を含む被膜層(20)からなる。有機物(40)は、材料疲労限等の耐久性を向上させる非熱可塑性樹脂に、材料の比抵抗を大きくする熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を加えた有機物である。有機物(40)の割合は、軟磁性材料に対して0.001質量%以上0.2質量%以下である。本発明により、高い磁気特性および機械的強度を有するとともに、モータコアなどとして使用しても十分な耐久性を満たす疲労特性と比抵抗とを有する軟磁性材料およびその製造方法を提供し、さらに、その軟磁性材料を用いたモータコアおよびトランスコアを提供する。この軟磁性材料を用いたモータコアでは、鉄損(コアロス)を大幅に低減させることが可能である。

明細書

軟磁性材料、モータコア、トランスコアおよび軟磁性材料の製造方法

5 技術分野

この発明は、特にモータコアなどに使用され、疲労特性および磁気特性に優れた軟磁性材料およびその製造方法、ならびにモータコアおよびトランスコアに関する。

10 背景技術

近年、電気電子部品の高密度化および小型化が図られており、モータコアやトランスコアなどにおいても、より精密な制御を小電力で行えることが求められている。このため、これらの電気電子部品に使用される軟磁性材料であって、中高周波領域において高い磁気特性を有する軟磁性材料の開発が進められている。中高周波領域で高い磁気特性を有するためには、高い飽和磁束密度、透磁率および電気抵抗率を併せ持つ必要がある。

一方で、モータコアなどは、電気電子機器の加工組立工程時や製品としての使用に際して必要とされる機械的強度も要求される。特開2002-246219号公報には、樹脂含有量を0.15質量%から1質量%として、高い磁気特性と機械的強度とを両立する軟磁性材料が開示されている。この軟磁性材料では、樹脂が0.15重量%未満では磁性粉末粒子の結合強度および絶縁効果が少なくなるため、樹脂の含有量を0.15質量%以上としている。

しかしながら、樹脂は金属材料と異なり厳密な疲れ限度が存在しない。このため、樹脂の含有量が増加すると軟磁性材料は高い疲労特性を得ることができない。したがって、樹脂の含有量を0.15質量%から1質量%とした軟磁性材料は、モータコアとして長期的使用するほどの十分な耐久性を有しているとは言えない。

発明の開示

そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、高い磁気特性お

よび機械的強度を有するとともに、モータコアなどとして使用しても十分な耐久性を満たす疲労特性と比抵抗とを有する軟磁性材料およびその製造方法を提供し、さらに、その軟磁性材料を用いたモータコアおよびトランスコアを提供することである。

- 5 この発明に従った軟磁性材料は、複合磁性粒子と有機物とを含む軟磁性材料である。複合磁性粒子は、金属磁性粒子および金属磁性粒子を被膜し、かつ酸化物を含む被膜層からなる。有機物は、非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を加えた有機物である。非熱可塑性樹脂は、材料疲労限等の耐久性を向上させ、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸は、材料の比抵抗を大きくする効果がある。有機物の割合は、軟磁性材料に対して0.001質量%以上
- 10 0.2質量%以下である。

非熱可塑性樹脂とは、熱可塑性樹脂に似た特性を有するが、融点が熱分解温度以下の温度で存在しない樹脂をいう。

- 15 有機物に非熱可塑性樹脂を使用することで、熱可塑性樹脂のみの場合と比較して、機械的強度の劣化を抑制するとともに、材料疲労限等の耐久性を向上させることができる。その非熱可塑性樹脂を含む有機物の含有量を0.2質量%以下とすることによって、 10^8 回繰返し抗折試験においても十分な機械的強度を有する軟磁性材料を得ることができる。これにより、高い疲労特性および磁束密度を実現することができる。また、その非熱可塑性樹脂を含む有機物の含有量が0.
- 20 0.001質量%未満であると、機械的強度や材料の比抵抗を十分に大きくすることができない。したがって、非熱可塑性樹脂を含む有機物の割合を0.001質量%以上0.2質量%以下とすることで、高い疲労特性と高い比抵抗および磁束密度とを両立した軟磁性材料を得ることができる。

- 25 一方、非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を添加することによって、加圧成形工程時において複合磁性粒子の被膜層が破壊されるのを抑制することができる。また、安定化熱処理工程において破壊された被膜層に熱可塑性樹脂または高級脂肪酸が入り込むことによって、破壊された被膜層を修復する効果がある。これらの作用により、材料の比抵抗を大きくすることが可能となり、この材料を鉄心として用いた場合の鉄損（コアロス）を大幅に低

減することが可能となる。

また好ましくは、熱可塑性樹脂は、フッ素系樹脂、熱可塑性ポリイミド、熱可塑性ポリアミド、熱可塑性ポリアミドイミドおよび高分子量ポリエチレンのいずれかである。熱可塑性ポリイミド、熱可塑性ポリアミドおよび熱可塑性ポリアミドイミドは、機械的強度および比抵抗の両方に優れている。また、高分子量ポリエチレンとは、分子量が10万以上のポリエチレンをいう。また好ましくは、高級脂肪酸は、ステアリン酸亜鉛である。ステアリン酸亜鉛は、添加される量が少量であっても、軟磁性材料の比抵抗を大きくすることができる。添加量も少量のため、複合磁性粒子の密度を高くして磁束密度を高くすることができる。以上の理由から、これらの有機物を非熱可塑性樹脂に添加することによって、高い疲労特性を有する軟磁性材料において高い絶縁性および磁束密度を達成することができる。

熱可塑性樹脂や高級脂肪酸を添加して本発明に係る材料組成と成形焼結方法を用いることで、従来達成できなかった特性の材料、すなわち、 8.0×10^3 (A/m) の磁場を印加した場合の磁束密度Bが1.4 (テスラ) 以上であり、比抵抗が1000 ($\mu\Omega\text{cm}$) 以上である軟磁性材料を得ることができる。

また好ましくは、非熱可塑性樹脂は、ビフェニルテトラカルボン酸二無水物を用いた全芳香族ポリイミドである。ビフェニルテトラカルボン酸二無水物は、樹脂単体での抗折強度が高いため、金属磁性粒子の粒界に溶け込んだ樹脂が割れて軟磁性材料の強度が低下することを抑制できる。

この発明に従ったモータコアは、上述のいずれかに記載の軟磁性材料よりなる鉄芯を用いたモータコアである。また、この発明に従ったトランスコアは、上述のいずれかに記載の軟磁性材料よりなる鉄芯を用いたトランスコアである。このように本発明による軟磁性材料よりなる鉄芯を用いることによって、モータコアおよびトランスコアにおいて上述の効果を得ることができる。

この発明に従った軟磁性材料の製造方法は、金属磁性粒子および金属磁性粒子を被膜し、かつ酸化物を含む被膜層からなる複合磁性粒子と、有機物とを含む軟磁性材料の製造方法である。軟磁性材料の製造方法は、非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を加えた有機物の割合が軟磁性材料

に対して0.001質量%以上0.2質量%以下となるように、有機物と複合磁性粒子とを混合する工程と、混合して得られた混合粉末を加圧成形する工程と、混合粉末を加圧成形する工程の後、200℃以上、非熱可塑性樹脂の熱分解温度以下の温度で、軟磁性材料を安定化熱処理する工程とを備える。これにより、有機物が潤滑剤として機能し、複合磁性粒子の被膜層の破壊を抑制することができる。

さらに好ましくは、軟磁性材料の製造方法は、混合粉末を加圧成形する工程の後、250℃以上、非熱可塑性樹脂の熱分解温度以下の温度で、軟磁性材料を安定化熱処理する工程を備える。さらに好ましくは、軟磁性材料の製造方法は、混合粉末を加圧成形する工程の後、非熱可塑性樹脂のガラス転位温度以上、非熱可塑性樹脂の熱分解温度以下の温度で、軟磁性材料を安定化熱処理する工程を備える。

なお、安定化熱処理とは、複合磁性粒子間に入り込んだ有機物をその空間に適合する形状に変形、浸入させるための熱処理をいう。また、ガラス転位温度とは、無定形高分子物質が温度の上昇によってガラス状の固体からゴム状の状態に移る温度をいう。

200℃以上、非熱可塑性樹脂の熱分解温度以下の温度で安定化熱処理を行なうことによって、有機物の熱分解を抑制するとともに、複合磁性粒子の隙間に入り込んだ非熱可塑性樹脂を安定化し、経時変化がより生じ難い状態とすることができる。

また好ましくは、軟磁性材料を安定化熱処理する工程は、不活性ガスおよび減圧ガスのいずれか一方の雰囲気中で軟磁性材料を安定化熱処理する工程を含む。また好ましくは、混合粉末を加圧成形する工程は、不活性ガスおよび減圧ガスのいずれか一方の雰囲気中で混合粉末を加圧成形する工程を含む。

加圧成形や安定化熱処理は、大気中で行うのが経済的に有利である。しかし、不活性ガスおよび減圧ガスの雰囲気中でこれらの工程を行なった場合、大気中の酸素によって軟磁性材料が酸化されるのを抑制でき、また非熱可塑性樹脂の強度が低下することを抑制できる。以上の理由から、不活性ガスまたは減圧ガスの雰囲気中で加圧成形や安定化熱処理を行なうことが好ましい。

軟磁性材料に含有された有機物の粒径は、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下である。有機物の粒径が複合磁性粒子の粒径と同程度またはそれ以上である場合、軟磁性材料中に有機物が偏在することによって疎密が発生する。これにより、軟磁性材料に、機械的強度および電気的特性の疎密が発生する。また、有機物の粒径を $0.1\ \mu\text{m}$ 以上とすることによって、有機物と複合磁性粒子とを混合する工程および混合粉末を加圧成形する工程が技術的に容易になる。

以上説明したように、この発明に従えば、高い磁気特性および機械的強度を有するとともに、モータコアなどとして使用しても十分な耐久性を満たす疲労特性と比抵抗とを有する軟磁性材料およびその製造方法を提供し、さらに、その軟磁性材料を用いたモータコアおよびトランスコアを提供することができる。

図面の簡単な説明

図1は、この発明の実施の形態における軟磁性材料の断面を示す模式図である。

図2は、この発明の実施の形態におけるリニアモータを示す断面図である。

図3は、この発明の実施の形態におけるトランスコアを示す平面図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明における軟磁性材料は、酸化物を含む絶縁性被膜層を有する複合磁性粒子と有機物とを混合し、その混合粉末を加圧成形することによって得られる。好ましくは、本発明における軟磁性材料は、その加圧成形によって得られた圧縮成形体を安定化熱処理することにより得られる。本発明における軟磁性材料およびその製造方法の実施の形態について、以下に説明を行なう。

図1は、この発明の実施の形態における軟磁性材料の断面を示す模式図である。図1を参照して、軟磁性材料は、金属磁性粒子10および金属磁性粒子10を被膜し、かつ酸化物を含む被膜層としての絶縁性被膜層20からなる複合磁性粒子30と、有機物40とを含む。有機物40は、非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を加えた有機物である。有機物40の割合は、軟磁性材料に対して 0.001 質量%以上 0.2 質量%以下である。

図1中に示された軟磁性材料を製造する場合、まず、金属磁性粒子に酸化物を

含む絶縁性被膜層が被膜された複合磁性粒子と、有機物とを混合することによって混合粉末を得る。この際、有機物の割合が、軟磁性材料に対して0.001質量%以上0.2質量%以下となるように、混合粉末の混合比を調節する。混合方法は特に制限はなく、ボールミルの他、メカニカルアロイング法またはメカノフ

5 ジョンなどの混合できる手段であればよい。

複合磁性粒子の金属磁性粒子としては、たとえば、鉄(Fe)、鉄(Fe)－シリコン(Si)系合金、鉄(Fe)－窒素(N)系合金、鉄(Fe)－ニッケル(Ni)系合金、鉄(Fe)－炭素(C)系合金、鉄(Fe)－硼素(B)系合金、鉄(Fe)－コバルト(Co)系合金、鉄(Fe)－リン(P)系合金、鉄

10 (Fe)－アルミ(Al)系合金、または鉄(Fe)－ニッケル(Ni)－コバルト(Co)系合金などの高い飽和磁束密度と透磁率とを有するものを使用できる。

金属磁性粒子の平均粒径は、5 μm 以上400 μm 以下である。さらに好ましくは、金属磁性粒子の平均粒径は、5 μm 以上200 μm 以下である。金属磁性

15 粒子の平均粒径を5 μm 以上にすることによって、平均粒径がさらに小さい場合より酸化され難く、磁気特性が劣化し難いという効果がある。また、金属磁性粒子の平均粒径を400 μm 以下にすることによって、加圧成形時の圧縮性を低下させることなく、圧縮成形体の密度を高くすることができる。なお、ふるい法によって金属磁性粒子の粒径を測定し、粒径の小さい側からの金属磁性粒子の質量

20 の和が測定した金属磁性粒子の総質量の50%に達する粒径(50%粒径D)を金属磁性粒子の平均粒径とする。

また、酸化物を含む絶縁性被膜層は絶縁層として作用し、過電流損を抑制する。酸化物としては、リンと鉄とを含む金属酸化物被膜であるリン酸鉄の他、リン酸マンガン、リン酸亜鉛、リン酸カルシウム、リン酸アルミニウム、酸化シリコン、

25 酸化チタン、酸化アルミニウムまたは酸化ジルコニアなどの酸化物絶縁体を使用することができる。

有機物としては、非熱可塑性樹脂および熱可塑性樹脂の混合物、非熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の混合物、ならびに、非熱可塑性樹脂、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の混合物のいずれかを用いる。

有機物が、非熱可塑性樹脂、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の混合物である場合には、軟磁性材料に対して0.001質量%以上の割合で含まれる非熱可塑性樹脂に、軟磁性材料に対して0.025質量%以上の割合で熱可塑性樹脂を添加し、または軟磁性材料に対して0.005質量%以上の割合で高級脂肪酸を添加して、その上で有機物の割合を0.2質量%以下とすることが好ましい。熱可塑性樹脂を0.025質量%以上添加すること、または高級脂肪酸を0.005質量%添加することによって、比抵抗が1000 ($\mu\Omega\text{cm}$) 以上の疲労特性に優れた軟磁性材料を得ることができる。また好ましくは、熱可塑性樹脂の割合を軟磁性材料に対して0.05質量%以上とする。これにより、比抵抗3000 ($\mu\Omega\text{cm}$) 以上の疲労特性に優れた軟磁性材料を得ることができる。

非熱可塑性樹脂としては、全芳香族ポリエステルおよび全芳香族ポリイミドなどを使用することができる。また、熱可塑性樹脂としては、フッ素系樹脂、熱可塑性ポリイミド、熱可塑性ポリアミド、熱可塑性ポリアミドイミド、高分子量ポリエチレンなどを使用することができる。なお、高分子量ポリエチレンとは、分子量が10万以上のポリエチレンをいう。また、高級脂肪酸としては、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸カルシウム、パルミチン酸リチウム、パルミチン酸カルシウム、オレイン酸リチウムおよびオレイン酸カルシウムなどを使用することができる。

有機物の粒径は、0.1 μm 以上100 μm 以下とすることが好ましい。さらに好ましくは、有機物の粒径は、0.1 μm 以上60 μm 以下とする。これにより、機械的強度および電気的特性のさらなる均一化を図ることができる。

また好ましくは、有機物の粒径を複合磁性粒子の粒径の10分の1以下とする。たとえば、複合磁性粒子の平均粒径が200 μm 以下である場合には、有機物の平均粒径を20 μm 以下とし、複合磁性粒子の平均粒径が150 μm 以下である場合には、有機物の平均粒径を15 μm 以下とする。このような数値範囲にある粒径の有機物を使用することによって、複合磁性粒子の粒子間隙間に有機物の粒子が入り込み易くなり、軟磁性材料に有機物をより均一に分散させることができる。これにより、有機物の偏在によって機械的強度および絶縁性に疎密が生じることをさらに抑制できる。

複合磁性粒子および有機物の混合粉末を金型に入れて、390 (MPa) から1500 (MPa) までの圧力で混合粉末を加圧成形する。これにより、混合粉末が圧縮成形された軟磁性材料が得られる。複合磁性粒子間では有機物が潤滑機能を発揮する。

- 5 加圧成形する雰囲気は大気であってもよいが、不活性ガスまたは減圧ガスとすることが好ましい。不活性ガスとしては、窒素ガスを使用することが製造コスト上有利であるが、アルゴンガスまたはヘリウムガスを使用しても良い。

- 10 加圧成形して得られた軟磁性材料を、200℃以上、非熱可塑性樹脂の熱分解温度以下の温度で安定化熱処理する。これにより、有機物が複合磁性粒子間で薄く均一に安定化する。安定化熱処理する雰囲気は大気であってもよいが、不活性ガスまたは減圧ガスとすることが好ましい。不活性ガスとしては、窒素ガスを使用することが製造コスト上有利であるが、アルゴンガスまたはヘリウムガスを使用しても良い。

- 15 図2は、この発明の実施の形態におけるリニアモータを示す断面図である。図2を参照して、リニアモータ7では、本発明による軟磁性材料が圧縮成形されてモータ用の鉄芯として用いられている。

- 20 リニアモータ7は、インナーコア1と、インナーコア1との間に軸線方向（矢印9に示す方向）に直交する間隙6が形成されたアウターコア2と、アウターコア2に対して内装されたコイル3と、間隙6に位置決めされたマグネット4とを備え、マグネット4と一体化し、軸線方向に移動可能な可動体5を有する。可動体5は、ベアリング8によって支持されている。

- 25 従来、薄鉄鋼板の積層体で形成していたインナーコア1およびアウターコア2のいずれかあるいは両方を、本発明による軟磁性材料を金型内で圧縮成形したものにより代替している。これにより、リニアモータ7の組み立て工程の大幅な簡素化を図ることができる。

この構成において、リニアモータ7が動作中、インナーコア1およびアウターコア2の内部には、磁束が通過し、この際、磁力線の周囲には渦電流が発生する。磁力線の通過方向におけるコアの電気抵抗が低い場合、この渦電流が大きくなり、その分がモータ入力における無効エネルギーとして消費される。これにより、モータ

タ効率の低下を招くこととなる。したがって、インナーコア1およびアウターコア2の望ましい特性は、磁束を通過させやすく、かつ、電気抵抗が大きいことである。本発明による軟磁性材料によって形成されたインナーコア1およびアウターコア2によれば、これらの望ましい特性を満足することができ、高効率で、かつ組み立て容易なリニアモータ7を実現することができる。

なお、ここではリニアモータについて説明したが、一般の回転モータ用の鉄芯コアやトランス用鉄芯コアにも本発明による軟磁性材料を適用することが可能であり、渦電流によるエネルギーロスが小さく、かつ製作が容易なコアを実現することができる。

図3を参照して、トランス（変圧器）50は、本発明による軟磁性材料が圧縮成形されて形成された、環状に延びるトランスコア51を備える。トランスコア51には、1次巻き線52および2次巻き線53の2つのコイルが巻かれている。1次巻き線52は、交流電源54に接続されており、2次巻き線53は、図示しない負荷に接続されている。1次巻き線52に電流が流れると、トランスコア51内に磁束55が発生し、その磁束55の発生により、2次巻き線53の両端に電圧が誘起される。この電圧値は、1次巻き線52に流す電流値や、1次巻き線52と2次巻き線53との巻き数の比などを変えることによって、変化させることができる。

以下に説明する実施例によって、本発明による軟磁性材料の評価を行なった。

複合磁性粒子として、ヘガネス社製の商品名「ソマロイ500」を用いた。この粉末では、金属磁性粒子としての鉄粉の表面に、被膜層としてのリン酸化合物被膜が形成されている。鉄粉の平均粒径は $150\mu\text{m}$ 以下であり、リン酸化合物被膜の平均厚みは 20nm である。

有機物の非熱可塑性樹脂として、宇部興産社製の商品名「UIP-R」を使用した。UIP-Rは、化学的にはビフェニルテトラカルボン酸二無水物を用いた全芳香族ポリイミドであり、その平均粒径は $10\mu\text{m}$ である。また、UIP-Rのガラス転移温度および熱分解温度は、それぞれ 285°C および 548°C である。

有機物の熱可塑性樹脂として、ヘガネス社製の商品名「LB1」を使用した。LB1は、熱可塑性ポリアミドであり、その熔融温度は 220°C である。

有機物の高級脂肪酸として、ステアリン酸亜鉛を使用した。ステアリン酸亜鉛の溶融温度は135℃である。

5 上述の複合磁性粒子と有機物とをボールミルで混合し、混合粉末を得た。この際、ボールミルの回転速度を36rpmとし、混合時間を2時間とした。有機物であるUIP-R、LB1およびステアリン酸亜鉛を混合する量を変化させることによって、有機物の割合が異なる複数の混合粉末を準備した。

これらの混合粉末をそれぞれ金型に入れて加圧成形することによって、軟磁性材料を形成した。この際、窒素ガス雰囲気中で加圧成形を行なった。温度条件を常温とし、加圧圧力を900(MPa)とした。

10 得られた軟磁性材料に安定化熱処理を行なった。安定化熱処理は、窒素ガス雰囲気中、温度300℃で30分間行なった。

以上の工程によって、サンプル番号1から19の軟磁性材料を形成した。表1に、サンプル番号1から19の軟磁性材料に含まれるUIP-R、LB1およびステアリン酸亜鉛の割合を示した。また、本発明による軟磁性材料であるか否かを区別するために、実施例であるか比較例であるかを示すサンプル種別を示した。

15 なお、表1に示す有機物の割合は、安定化熱処理された軟磁性材料をガスクロマトグラフ質量分析法で測定することによって得られた値であり、本実施例での加熱条件においては混合された有機物の割合にほぼ一致している。

表 1

| サンプル 番号 | UIP-R の割合 (質量%) | LB1 の割合 (質量%) | ステアリン酸亜鉛 の割合(質量%) | サンプル 種別 |
|------------|--------------------|------------------|----------------------|------------|
| 1 | 0.05 | 0.025 | 0 | 実施例 |
| 2 | 0.05 | 0.05 | 0 | 実施例 |
| 3 | 0.05 | 0.075 | 0 | 実施例 |
| 4 | 0.05 | 0.1 | 0 | 実施例 |
| 5 | 0.05 | 0.125 | 0 | 実施例 |
| 6 | 0.05 | 0.15 | 0 | 実施例 |
| 7 | 0.05 | 0.175 | 0 | 比較例 |
| 8 | 0.1 | 0.05 | 0 | 実施例 |
| 9 | 0.10 | 0.10 | 0 | 実施例 |
| 10 | 0.10 | 0.15 | 0 | 比較例 |
| 11 | 0.1 | 0 | 0.005 | 実施例 |
| 12 | 0.05 | 0 | 0.005 | 実施例 |
| 13 | 0.05 | 0.05 | 0.005 | 実施例 |
| 14 | 0.001 | 0.025 | 0 | 実施例 |
| 15 | 0.001 | 0 | 0.005 | 実施例 |
| 16 | 0.001 | 0.025 | 0.005 | 実施例 |
| 17 | 0 | 0.1 | 0 | 比較例 |
| 18 | 0 | 0.15 | 0 | 比較例 |
| 19 | 0 | 0.6 | 0 | 比較例 |

続いて、表 1 に示すサンプル番号 1 から 19 の軟磁性材料から、10 mm×10 mm×55 mm の大きさを有する三点曲げ抗折強度試験用の試験片と、3 mm×4 mm×40 mm の大きさを有する繰返し三点曲げ抗折強度試験用の試験片とを製作した。三点曲げ抗折強度試験用の試験片を用いて、三点曲げ抗折強度試験を行った。三点曲げ抗折強度試験は、常温のもと、40 mm のスパンで試験片を支持して行なった。また、繰返し三点曲げ抗折強度試験用の試験片を用いて、10⁷ 回繰返し三点曲げ抗折強度試験と、10⁸ 回繰返し三点曲げ抗折強度試験とを行った。繰返し三点曲げ抗折強度試験は、常温のもと、30 mm のスパンで試験片を支持して行なった。また、サンプル番号 1 から 19 の軟磁性材料の密度を測定した。

表 2 に、軟磁性材料の密度と、三点曲げ抗折強度試験、10⁷ 回繰返し三点曲げ抗折強度試験および 10⁸ 回繰返し三点曲げ抗折強度試験によって得られた抗折強度とを、サンプル種別とともに示した。

表 2

| サンプル 番号 | 密度 (g/cm ³) | 三点曲げ 抗折強度試験 抗折強度 (MPa) | 10 ⁷ 回繰返し 三点曲げ 抗折強度試験 抗折強度 (MPa) | 10 ⁸ 回繰返し 三点曲げ 抗折強度試験 抗折強度 (MPa) | サンプル 種別 |
|------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------|
| 1 | 7.56 | 153 | 102 | 102 | 実施例 |
| 2 | 7.54 | 131 | 93 | 93 | 実施例 |
| 3 | 7.53 | 130 | 93 | 93 | 実施例 |
| 4 | 7.51 | 126 | 83 | 83 | 実施例 |
| 5 | 7.49 | 120 | 81 | 81 | 実施例 |
| 6 | 7.48 | 123 | 82 | 82 | 実施例 |
| 7 | 7.47 | 117 | 74 | 74 | 比較例 |
| 8 | 7.51 | 128 | 85 | 85 | 実施例 |
| 9 | 7.49 | 120 | 80 | 80 | 実施例 |
| 10 | 7.45 | 113 | 71 | 71 | 比較例 |
| 11 | 7.54 | 138 | 97 | 97 | 実施例 |
| 12 | 7.55 | 145 | 100 | 100 | 実施例 |
| 13 | 7.53 | 133 | 94 | 94 | 実施例 |
| 14 | 7.57 | 138 | 99 | 99 | 実施例 |
| 15 | 7.57 | 130 | 92 | 92 | 実施例 |
| 16 | 7.55 | 125 | 84 | 84 | 実施例 |
| 17 | 7.57 | 124 | 82 | 82 | 比較例 |
| 18 | 7.50 | 80 | 52 | 52 | 比較例 |
| 19 | 7.19 | 30 | 18 | 18 | 比較例 |

表 2 からわかるように、非熱可塑性樹脂を有機物として添加して、有機物の割合を 0.001 質量%以上 0.2 質量%以下とすることによって、繰返し三点曲
 5 げ抗折強度試験において高い抗折強度が得られることを確認できた。これに対し
 て、非熱可塑性樹脂を含んでいても、有機物の割合が高すぎる場合は、三点曲げ
 抗折強度試験において得られる抗折強度が低くなることを確認できた。

続いて、表 1 に示すサンプル番号 1 から 19 の軟磁性材料から、内径 25 mm、
 外径 35 mm、厚み 5 mm の大きさを有するリング状の磁束密度測定用の試験片
 10 と、3 mm × 1 mm × 40 mm の大きさを有する比抵抗測定用の試験片とを製作
 した。この磁束密度測定用の試験片を用いて、常温において試験片に 100 (エ
 ルステッド) (= 8.0 × 10³ (A/m)) の磁場を印加した場合の磁束密度 B 1
 00 を求めた。試験片に磁場を印加するコイルの 1 次巻き数を 300 回、2 次巻

数20回とし、2次コイルの出力を測定した。また、比抵抗測定用の試験片を用いて、四端子法によって比抵抗を測定した。

表3に、上記の測定によって得られた磁束密度B100および比抵抗の値を、サンプル種別とともに示した。

5

表3

| サンプル 番号 | 磁束密度 B100 (T) | 比抵抗 ($\mu \Omega \text{ cm}$) | サンプル 種別 |
|------------|------------------|------------------------------------|------------|
| 1 | 1.56 | 1830 | 実施例 |
| 2 | 1.51 | 3300 | 実施例 |
| 3 | 1.49 | 4470 | 実施例 |
| 4 | 1.46 | 5600 | 実施例 |
| 5 | 1.42 | 6000 | 実施例 |
| 6 | 1.42 | 6800 | 実施例 |
| 7 | 1.39 | 7300 | 比較例 |
| 8 | 1.47 | 6700 | 実施例 |
| 9 | 1.41 | >10000 | 実施例 |
| 10 | 1.38 | >10000 | 比較例 |
| 11 | 1.50 | 1860 | 実施例 |
| 12 | 1.51 | 1050 | 実施例 |
| 13 | 1.50 | 3700 | 実施例 |
| 14 | 1.57 | 1790 | 実施例 |
| 15 | 1.52 | 1010 | 実施例 |
| 16 | 1.50 | 1870 | 実施例 |
| 17 | 1.55 | 520 | 比較例 |
| 18 | 1.55 | 5000 | 比較例 |
| 19 | 1.10 | >10000 | 比較例 |

表2および表3からわかるように、非熱可塑性樹脂に熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を添加して、有機物の割合を0.001質量%以上0.2質量%以下とすることによって、繰返し抗折力に強い高い耐久性と、高い磁束密度および比抵抗とを両立した軟磁性材料が得られることを確認できた。

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

この発明は、主に、軟磁性材料の圧粉成形体から形成されるモータコアやトランスコアなどの電気電子部品に利用される。

請求の範囲

1. 金属磁性粒子 (10) および前記金属磁性粒子 (10) を被膜し、かつ酸化物を含む被膜層 (20) からなる複合磁性粒子 (30) と、有機物 (40) とを含む軟磁性材料であって、

前記有機物 (40) は、非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を加えた有機物であり、

前記有機物 (40) の割合は、前記軟磁性材料に対して 0.001 質量%以上 0.2 質量%以下である、軟磁性材料。

2. 前記熱可塑性樹脂は、フッ素系樹脂、熱可塑性ポリイミド、熱可塑性ポリアミドおよび熱可塑性ポリアミドイミドのいずれかである、請求項 1 に記載の軟磁性材料。

3. 前記高級脂肪酸は、ステアリン酸亜鉛である、請求項 1 に記載の軟磁性材料。

4. 8.0×10^3 (A/m) の磁場を印加した場合の磁束密度が 1.4 (テスラ) 以上であり、比抵抗が 1000 ($\mu\Omega\text{cm}$) 以上である、請求項 1 に記載の軟磁性材料。

5. 前記非熱可塑性樹脂は、ビフェニルテトラカルボン酸二無水物を用いた全芳香族ポリイミドである、請求項 1 に記載の軟磁性材料。

6. 請求項 1 に記載の軟磁性材料よりなる鉄芯を用いた、モータコア。

7. 請求項 1 に記載の軟磁性材料よりなる鉄芯を用いた、トランスコア。

8. 金属磁性粒子 (10) および前記金属磁性粒子 (10) を被膜し、かつ酸化物を含む被膜層 (20) からなる複合磁性粒子 (30) と、有機物 (40) とを含む軟磁性材料の製造方法であって、

非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を加えた有機物 (40) の割合が前記軟磁性材料に対して 0.001 質量%以上 0.2 質量%以下となるように、前記有機物 (40) と前記複合磁性粒子 (30) とを混合する工程と、

混合して得られた混合粉末を加圧成形する工程と、

前記混合粉末を加圧成形する工程の後、 200°C 以上、前記非熱可塑性樹脂の

熱分解温度以下の温度で、前記軟磁性材料を安定化熱処理する工程とを備える、軟磁性材料の製造方法。

9. 前記軟磁性材料を安定化熱処理する工程は、不活性ガスおよび減圧ガスのいずれか一方の雰囲気中で前記軟磁性材料を安定化熱処理する工程を含む、請求項 8 に記載の軟磁性材料の製造方法。

10. 軟磁性材料に含有された前記有機物 (40) の粒径は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $100 \mu\text{m}$ 以下である、請求項 8 に記載の軟磁性材料の製造方法。

11. 前記混合粉末を加圧成形する工程は、不活性ガスおよび減圧ガスのいずれか一方の雰囲気中で前記混合粉末を加圧成形する工程を含む、請求項 8 に記載の軟磁性材料の製造方法。

請求の範囲

補正書の請求の範囲

[2004年10月14日(14.10.04)国際事務局受理:出願当初の請求の範囲
1及び8は補正された;他の請求の範囲は変更なし。(2頁)]

1. (補正後) 金属磁性粒子(10)および前記金属磁性粒子(10)を被膜し、
かつ酸化物を含む被膜層(20)からなる複合磁性粒子(30)と、有機物(4
5 0)とを含む軟磁性材料であって、

前記有機物(40)は、非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の
少なくとも一方を加えた有機物であり、

前記有機物(40)の割合は、前記軟磁性材料に対して0.001質量%以上
0.2質量%以下であり、前記非熱可塑性樹脂の割合は、前記軟磁性材料に対し
10 て0.1質量%以下である、軟磁性材料。

2. 前記熱可塑性樹脂は、フッ素系樹脂、熱可塑性ポリイミド、熱可塑性ポリア
ミドおよび熱可塑性ポリアミドイミドのいずれかである、請求項1に記載の軟磁
性材料。

3. 前記高級脂肪酸は、ステアリン酸亜鉛である、請求項1に記載の軟磁性材料。

15 4. 8.0×10^3 (A/m) の磁場を印加した場合の磁束密度が1.4 (テスラ)
以上であり、比抵抗が1000 ($\mu\Omega\text{cm}$) 以上である、請求項1に記載の軟磁
性材料。

5. 前記非熱可塑性樹脂は、ビフェニルテトラカルボン酸二無水物を用いた全芳
香族ポリイミドである、請求項1に記載の軟磁性材料。

20 6. 請求項1に記載の軟磁性材料よりなる鉄芯を用いた、モータコア。

7. 請求項1に記載の軟磁性材料よりなる鉄芯を用いた、トランスコア。

8. (補正後) 金属磁性粒子(10)および前記金属磁性粒子(10)を被膜し、
かつ酸化物を含む被膜層(20)からなる複合磁性粒子(30)と、有機物(4
0)とを含む軟磁性材料の製造方法であって、

25 非熱可塑性樹脂に、熱可塑性樹脂および高級脂肪酸の少なくとも一方を加えた
有機物(40)の割合が前記軟磁性材料に対して0.001質量%以上0.2質
量%以下となり、前記非熱可塑性樹脂の割合が、前記軟磁性材料に対して0.1
質量%以下となるように、前記有機物(40)と前記複合磁性粒子(30)とを
混合する工程と、

混合して得られた混合粉末を加圧成形する工程と、

前記混合粉末を加圧成形する工程の後、200℃以上、前記非熱可塑性樹脂の熱分解温度以下の温度で、前記軟磁性材料を安定化熱処理する工程とを備える、軟磁性材料の製造方法。

- 5 9. 前記軟磁性材料を安定化熱処理する工程は、不活性ガスおよび減圧ガスのいずれか一方の雰囲気中で前記軟磁性材料を安定化熱処理する工程を含む、請求項8に記載の軟磁性材料の製造方法。
- 10 10. 軟磁性材料に含有された前記有機物(40)の粒径は、0.1 μm以上100 μm以下である、請求項8に記載の軟磁性材料の製造方法。
- 10 11. 前記混合粉末を加圧成形する工程は、不活性ガスおよび減圧ガスのいずれか一方の雰囲気中で前記混合粉末を加圧成形する工程を含む、請求項8に記載の軟磁性材料の製造方法。

FIG.1

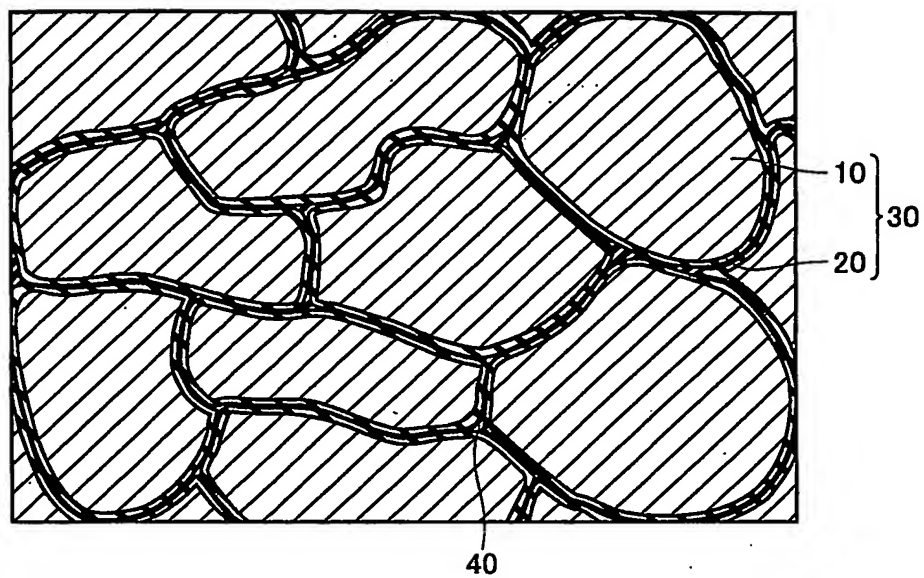


FIG.2

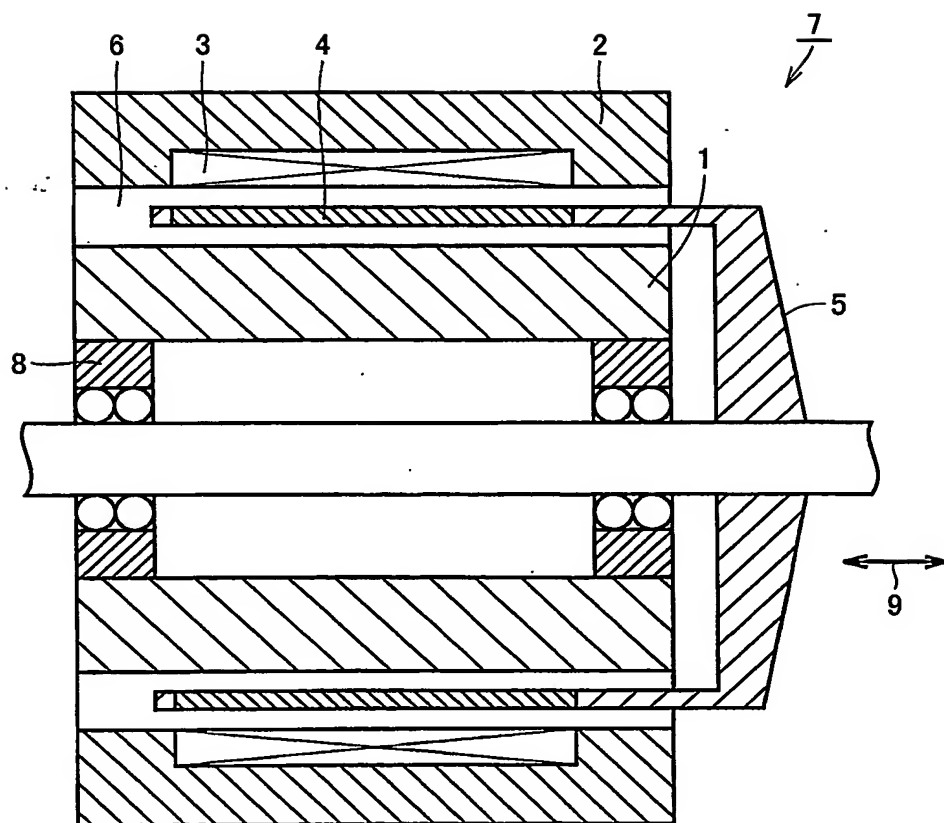
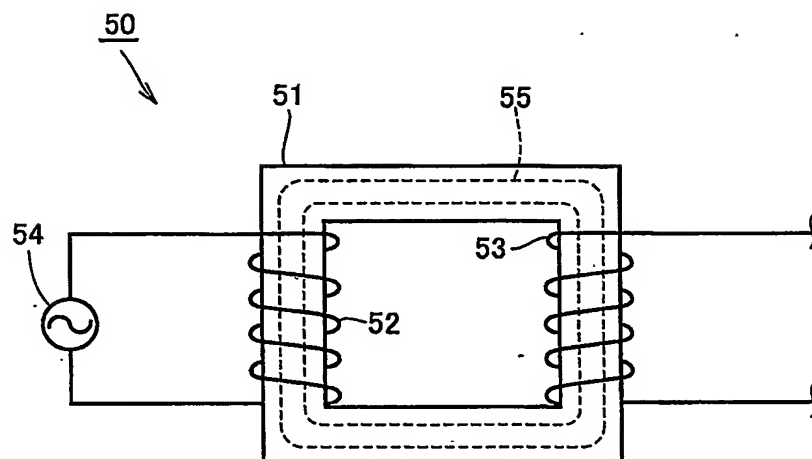


FIG.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007798

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01F1/26, 1/33, 41/02, B22F1/00, 1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01F1/26, 1/33, 41/02, B22F1/00, 1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| X Y | JP 2002-246219 A (Hitachi Powdered Metals Co., Ltd.), 30 August, 2002 (30.08.02), Claims & DE 10207133 A | 1, 2, 4, 6-9 3, 5, 10, 11 |
| Y | JP 6-236808 A (Kawasaki Steel Corp.), 23 August, 1994 (23.08.94), Par. No. [0025] (Family: none) | 3 |
| Y | JP 2002-316369 A (Gunze Ltd.), 29 October, 2002 (29.10.02), Par. Nos. [0015], [0019] (Family: none) | 5 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 July, 2004 (29.07.04)

Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007798

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y | WO 2002/080202 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 10 October, 2002 (10.10.02), Page 5, lines 22 to 23 (Family: none) | 10 |
| Y | JP 2001-223107 A (Kobe Steel, Ltd.), 17 August, 2001 (17.08.01), Par. No. [0029] & US 2002/0189714 A1 | 11 |
| P,A | JP 2003-272910 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 26 September, 2003 (26.09.03), Full text; all drawings (Family: none) | 1-11 |
| P,A | JP 2003-244869 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 29 August, 2003 (29.08.03), Full text; all drawings (Family: none) | 1-11 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 1/26, 1/33, 41/02, B22F 1/00, 1/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01F 1/26, 1/33, 41/02, B22F 1/00, 1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| X Y | JP 2002-246219 A (日立粉末冶金株式会社) 2002.08.30, 【特許請求の範囲】 & DE 1020 7133 A | 1, 2, 4, 6-9 3, 5, 10, 11 |
| Y | JP 6-236808 A (川崎製鉄株式会社) 1994.08.23, 【0025】 (ファミリーなし) | 3 |
| Y | JP 2002-316369 A (グンゼ株式会社) 2002.10.29, 【0015】、【0019】 (ファミリー なし) | 5 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.07.2004

国際調査報告の発送日

17.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 正文

5R

8835

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| Y | WO 2002/080202 A1 (住友電気工業株式会社) 2002. 10. 10, 第5頁第22~23行 (ファミリーなし) | 10 |
| Y | JP 2001-223107 A (株式会社神戸製鋼所) 2001. 08. 17, 【0029】 & US 2002/01 89714 A1 | 11 |
| PA | JP 2003-272910 A (住友電気工業株式会社) 2003. 09. 26, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-11 |
| PA | JP 2003-244869 A (住友電気工業株式会社) 2003. 08. 29, 全文, 全図 (ファミリーなし) | 1-11 |